

**PARTICLE RADIATION DEVICE COMPRISING A PARTICLE SOURCE  
THAT IS OPERATED IN AN UTRAHIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP  
ASSEMBLY FOR A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE**

Publication number: JP2004503063 (T)

Publication date: 2004-01-29

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:

- international: F04D19/04; F04D25/00; H01J37/18; H01J37/28;  
F04D19/00; F04D25/00; H01J37/02; H01J37/28; (IPC1-  
7); H01J37/18; H01J37/28

- European: F04D19/04D; F04D25/00; H01J37/18

Application number: JP20020508824T 20010703

Priority number(s): DE20001032607 20000707; WO2001EP07597 20010703

**Also published as:**

WO0205310 (A1)

US2004076529 (A1)

US6872956 (B2)

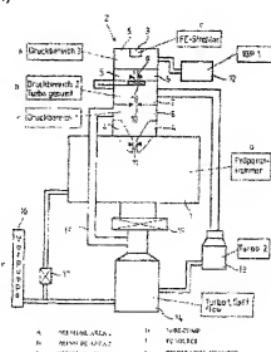
EP1299898 (A1)

EP1299898 (B1)

Abstract not available for JP 2004503063 (T)

Abstract corresponding document: WO 0205310 (A1)

The invention relates to a particle radiation device comprising a particle source that is operated in an ultrahigh vacuum and a preparation chamber which can be operated under atmospheric pressure or up to 1 hPa. The inventive particle radiation device has two intermediate pressure areas (7, 8) located between the ultrahigh vacuum area (6) and the preparation chamber (1). The two intermediate pressure areas (7, 8) are purged by means of a pump assembly consisting of a fore-pump (16) and two turbomolecular pumps (13, 14) connected in series, whereby one of the turbomolecular pumps (13) is purged first by the drag phase (24) of the other turbomolecular pump (14). In one example of the invention, the fore-pump (16) is also simultaneously used for evacuating the preparation chamber. In an alternative example, a second fore-pump (20) is provided for evacuating the preparation chamber (1). This assembly allows the ultrahigh vacuum in the ultrahigh vacuum area (6) to be maintained up to pressures of 100 hPa in the preparation chamber (1). The inventive particle radiation device is used in particular as a variable pressure scanning electron microscope (VP-SEM) or as an environmental scanning electron microscope (ESEM).



(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503063

(P2004-503063A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>H01J 37/18  
H01J 37/28

F I

H01J 37/18  
H01J 37/28

テーマコード(参考)

5C033

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

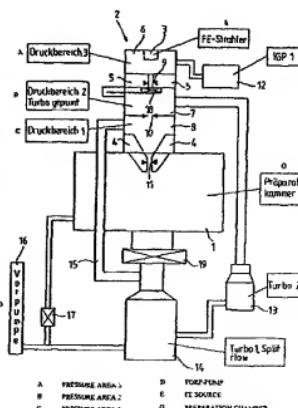
- (21) 出願番号 特願2002-508824 (P2002-508824)  
 (22) 出願日 平成13年7月3日 (2001.7.3)  
 (25) 翻訳文提出日 平成15年1月7日 (2003.1.7)  
 (26) 國際出願番号 PCT/EP2001/007597  
 (27) 國際公開番号 WO2002/005310  
 (27) 國際公開日 平成14年1月17日 (2002.1.17)  
 (31) 優先権主張番号 100 32 607.2  
 (32) 優先日 平成12年7月7日 (2000.7.7)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)  
 (81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
 GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CZ, JP, US

- (71) 出願人 598100036  
 エルエーオー・エレクトローネンミクロス  
 コビイ・ゲーエムベーハー  
 ドイツ連邦共和国・73466・オーベル  
 コヒエン・カールーツアイスーシュトラー  
 ゼ・56  
 (74) 代理人 100664621  
 弁理士 山川 政樹  
 (72) 発明者 グノーカ、ペーター  
 ドイツ連邦共和国・72764・ロイトリ  
 ングン・グラゼルシュトラーゼ・4  
 (72) 発明者 ドレクセル、フォルカー  
 ドイツ連邦共和国・89551・ケニヒ  
 スプロン・ダンツィグルシュトラーゼ・3  
 F ターム(参考) 5C033 KKO4 KKO5 UU03

(54) 【発明の名称】超真空で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスクード状ポンプ装置

## (57) 【要約】

本発明は、超真空で作動する粒子源と、1 hPa 以下の可変圧力で作動可能なプレバラート室とを備えた粒子放射装置に関する。本発明による粒子放射装置は、超真空領域(6)とプレバラート室(1)との間に正確に2つの中間圧力領域(7, 8)を有している。中間圧力領域(7, 8)は、フォアポンプ(16)と2つのターボポンプ(13, 14)からなる直列のポンプ装置を用いて真空中にされ、この場合一方のターボ分子ポンプ(13)は他方のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)によって予めポンピングされる。本発明の1実施形態では、フォアポンプ(16)はプレバラート室を真空中にするためにも用いられる。択一的な実施形態では、プレバラート室(1)を真空中にするための第2のフォアポンプ(20)が設けられている。この配置構成により、超真空領域(6)の超真空はプレバラート室(1)が100 hPa の圧力になるまで維持される。本発明による粒子放射装置は特にいわゆるVariable Pressure SEM (V-P-SEM) またはいわゆるESEMとして使用される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第1および第2のターボ分子ポンプ(13, 14)を備えた粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置であって、第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側(26)が第1のターボ分子ポンプ(14)のメインポンプポート(21)と吐出し側(25)との間に10ある中間圧力領域(24)により予めポンピングされているカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 2】

第1のターボ分子ポンプ(14)が、ドラグ段(24)への接続部(22)を備えたスプリットフローポンプであり、第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側(26)が第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)に接続されている、請求項1に記載のカスケード状ポンプ装置。 10

## 【請求項 3】

第1のターボ分子ポンプ(14)の吐出し側(25)を予めポンピングするための他のフォアポンプ(16)が設けられている、請求項1または2に記載のカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 4】

超高真空で作動する粒子源(3)と、少なくとも1 hPa以下の中間圧力で作動可能なプレバラート室(1)とを有し、請求項1から3までのいずれか1項に記載のカスケード状ポンプ装置が設けられている粒子放射装置。

20

## 【請求項 5】

粒子源の超高真空領域(6)とプレバラート室(1)との間に正確に2つの他の中間圧力領域(7), (8)が設けられている請求項4に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 6】

超高真空領域(6)に隣接している圧力領域が第2のターボ分子ポンプ(13)によりポンピングされている請求項4, 5のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 7】

第1のターボ分子ポンプ(14)がメインポンプポート(21)を介して、プレバラート室(1)に隣接している圧力領域(8)にも直接接続されている請求項4-6のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 8】

フォアポンプ(16)が弁(17)を介してプレバラート室(1)に直接接続されている請求項7に記載の粒子放射装置。

30

## 【請求項 9】

第1のターボ分子ポンプ(14)がさらに他の弁(19)を介してプレバラート室(1)に直接接続されている請求項4から8までのいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 10】

第2のフォアポンプ(20)が設けられ、プレバラート室(1)に接続されている請求項8-9のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 11】

超高真空領域(6)を真空中にするためのゲッターイオンポンプ(12)が設けられている請求項4から10までのいずれか1項に記載の粒子放射装置。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は、超高真空で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置に関するものである。

## 【0002】

米国特許第5 828 064号明細書には、電界放出源を備えたいわゆる環境走査電子顕微鏡(Environmental Scanning Elektronenmikroskop ESEM)が記載されている。この種のESEMを用いると、通常の大気圧で試料を電子顕微鏡で検査することができ、或いは、通常の大気圧よりもわずかに減圧して検

50

查することができる。他方、電界放出源と、しばしば電界放出源とも呼ばれるショットキーエミッターは超高真空を必要とするので、電子顕微鏡全体は3つの中間圧力段を備えた差動ポンプシステムとして構成されている。その結果システム全体は5つの圧力領域を有し、これら圧力領域は4つの圧力段または圧力段較りによって互いに分離されている。ポンプに対するコスト以外にも、3つの中間圧力領域の真空接続部にスペースが必要であるので、電子光学的構成要素には必要としない付加的な高さが必要である。

## 【0003】

米国特許第4720633号明細書からは他のSEMが知られているが、電子源のチャンバーの真空は、装置を電界放出源で作動させるにはあまりにも不具合である。

## 【0004】

米国特許第5717204号明細書からは、半導体製造において検査用に使用する電子顕微鏡が知られている。超高真空領域と該超高真空領域に隣接している中間圧力領域とはゲッターイオンポンプにより真空にされている。試料室と該試料室に隣接している圧力領域とはそれぞれ別個のターボ分子ポンプによってポンピングされており、両ターボ分子ポンプは共通のフオアポンプの吸込み側に接続されている。通常この種の検査装置は、試料室の不具合な真空状態で作動するようには想定されていない。

10

## 【0005】

ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1号明細書からは、複数のターボ分子ポンプを互いに直列に接続したカスケード状ポンプ装置が知られている。このポンプ装置では、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されたターボ分子ポンプのメインポートによって予めポンピングされる。この場合、前記上流側に配置されたターボ分子ポンプはT形部材を介して中間圧力領域にも接続されている。このカスケード状ポンプ装置により、上流側に配置されたターボ分子ポンプによってポンピングされる中間圧力領域の真空は、次に高い真空段によって負荷される。

20

## 【0006】

米国特許第4889995号明細書から知られている走査電子顕微鏡では、回転ポンプによって予めポンピングされるターボ分子ポンプは弁を介してプレバラート室を真空にするためにも、電子源および中間圧力領域のチャンバーを真空にするためにも並行的に用いられる。さらに、電子源とこれに隣接している両中間圧力領域とのチャンバーを真空にするために超高真空ポンプが設けられている。このようなポンプ装置によっても試料室が不具合な真空状態での作動は不可能である。

30

## 【0007】

日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)の論文からは、オイル拡散ポンプから成るポンプ装置を備えた電子顕微鏡が知られている。しかしながら、オイル拡散ポンプは高圧でのポンプキャパシティが小さいために、プレバラート室を可変圧力で作動させることができねばならない電子顕微鏡には適していない。

## 【0008】

【特許文献1】米国特許第5828064号

40

【特許文献2】米国特許第4720633号

【特許文献3】米国特許第5717204号

【特許文献4】ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1

【特許文献5】米国特許第4889995号

【非特許文献1】日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)

## 【0009】

本発明の目的は、試料室がほぼ周囲圧まで変化し、且つ粒子源の領域は超高真空であるにもかかわらず、簡潔な構成を有する粒子線放射装置、特に走査電子顕微鏡を提供することである。本発明の他の目的は、粒子線放射装置の簡潔な構成を可能にする真空システムを提供することである。

## 【0010】

上記の目的は、本発明によれば、請求項1の構成を備えたポンプ装置と、請求項4の構成

50

を備えた粒子放射装置とによって達成される。

【0011】

本発明による粒子放射装置用カスケード状ポンプ装置は2つのターボ分子ポンプを有し、そのうち第2のターボ分子ポンプは第1のターボ分子ポンプの出口側を予めポンピングするためには用いられる。この場合、第2のターボ分子ポンプの吐出し側は第1のターボ分子ポンプのメインポートと吐出し側との間にある中間圧力領域に接続されている。

【0012】

第1のターボ分子ポンプはいわゆるスプリットフロー・ポンプであってよく、ターボ分子ポンプのドラグ段の領域にある付加的なポンプポートを有している。このドラグ段ポンプポートは、第2のターボ分子ポンプを予めポンピングするために使用するのが有利である。

10

【0013】

ドラグ段とは、通常のようにターボ分子ポンプにしばしば使用される機構であり、ステータのまわりを回転する、隆起部を備えたディスクと、エッジ領域に設けた穴とから構成される。ディスクはターボ分子ポンプの最後のロータプレートの出力側に配置され、ポンピングされたガスを補助的に圧縮するためのものである。

【0014】

予めポンピングされるターボ分子ポンプの中間圧力領域を、たとえばドラグ段ポンプポートを予め真空にすることによって1つのターボ分子ポンプを予めポンピングすることにより、メインポンプポートの領域が予めポンピングされたターボ分子ポンプのガス流によって負荷されないという利点が得られる。これにより、予めポンピングされるターボ分子ポンプの二重機能にもかかわらず、メインポンプポートにより真空中にされた領域の真空状態がより改善される。

20

【0015】

カスケード状ポンプ装置を備えた粒子放射装置は、超高真空で作動される粒子源と、高真空領域の圧力により少なとも $1\text{ hPa}$  (ヘクトパスカル H e k t o p a s c a l) までの $10^{-3}\text{ hPa}$ 以下の圧力で作動可能なプレラート室とを有している。本発明による粒子放射装置では、粒子源の超高真空領域とプレラート室との間に正確に2つの他の中間圧力領域が設けられている。

【0016】

したがって粒子放射装置は正確に4つの圧力領域を有し、すなわち粒子源が配置されている超高真空領域と、2つの中間圧力領域と、プレラート室とを有している。これにより本発明による粒子放射装置では全部で3つの圧力段が得られ、これら圧力段に対し全部で3つの圧力段絞りが必要である。

30

【0017】

3つの圧力段だけで済ませるために、超高真空領域に隣接している圧力領域は第2のターボ分子ポンプによりポンピングされている。さらに、このターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプによって予めポンピングされる。この場合、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプのドラグ段に接続されている。このポンプ配置構成により、超高真空領域に隣接している圧力領域の圧力は $10^{-6}\text{ hPa}$ 以上の値に保持される。

40

【0018】

他の有利な実施態様では、第1のターボ分子ポンプのメインポンプポートはプレラート室に隣接している圧力領域に接続されている。これにより第1のターボ分子ポンプは二重機能を有することができ、すなわち第2のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングする機能と、試料室に隣接している圧力領域を真空中にする機能を有する。

【0019】

さらに、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするフォアポンプを設けるのが有利である。このフォアポンプは、これに加えて、プレラート室を所望の圧力に真空にするためにも用いることができる。しかしながら、プレラート室の圧力が $5\text{ hPa}$ 以上の圧力でも作動可能でなければならないような粒子放射装置を使用する場合は、プレ

50

パラート質を真空にする第2のフォアポンプを設けて、第1のフォアポンプは、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするためにのみ用いるのが好ましい。

#### 【0020】

次に、図面に記載した実施形態に鑑し本発明をさらに詳細に説明する。

#### 【0021】

図1において(1)はプレパラート室、(2)は粒子放射装置の電子光学的コラムである。電子光学的コラム(2)は3つの圧力領域(6)、(7)、(8)を有し、これらの圧力領域はそれぞれ圧力段絞り(9)、(10)、(11)によって互いに分離されている。<sup>10</sup>(幾何学的に見て)電子光学的コラム(2)の最上位の圧力領域(6)は、 $5 \times 10^{-8}$  hPaよりも低い圧力で超高真空を維持するよう構成されている。この超高真空領域はゲッターイオンポンプ(12)を介して真空にされる。当該超高真空領域内には、電界放出源またはショットキーエミッターの形態の粒子源(3)が配置されている。

#### 【0022】

超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)との間には粒子放射装置のコンデンサ(5)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。コンデンサ(5)とほぼ同じ高さで、或いは、(電子の伝播方向に見て)コンデンサレンズ(5)のポールシユースリットの後方には、前記圧力段絞り(9)が配置されている。この圧力段絞り(9)は超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)との間で適当な圧力差を維持するためのものである。

#### 【0023】

第1の中間圧力領域(7)の後には第2の中間圧力領域(8)が設けられている。第2の中間圧力領域(8)は第2の圧力段絞り(10)によって第1の中間圧力領域(7)から分離されている。この第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室との間には粒子放射装置の対物レンズ(4)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。対物レンズ(4)の間、或いは、(電子の伝播方向に見て)対物レンズ(4)のポールシューの前方には、第3の圧力段絞り(11)が配置されている。この第3の圧力段絞り(11)は第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室(1)との間で適当な圧力差を確保するためのものである。

#### 【0024】

適当な真空条件を設定するため、図1の実施形態では、超高真空領域(6)用のゲッターイオンポンプ(12)以外に、フォアポンプ(16)と部分的には同様に直列に接続されている2つのターボ分子ポンプ(13)、(14)とから成るカスケード状のポンプ装置が設けられている。この場合フォアポンプ(16)は二重に機能を果たす。すなわちフォアポンプ(16)は、別個のパイプコネクションを介して直接プレパラート室(1)を真空にするために用いるとともに、第1のターボ分子ポンプ(14)の出口(25)を吸引するためにも用いる。この場合、プレパラート室(1)の真空状態はパイプコネクションに設けた弁(17)を介して調節可能である。プレパラート室の圧力は図示していない調節可能なガス供給弁を介して設定することができる。

#### 【0025】

第1のターボ分子ポンプ(14)は、出力が大きいいわゆるスプリットフローポンプとして構成され、三重に機能を果たす。メインポンプポート(21)の吸込み側接続部は、配管系(15)を介して、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)に直接フランジ結合され、これによりこの中間圧力領域を直接真空にする用を成している。同時にメインポンプポート(21)の吸込み側接続部は第2の弁(19)を介して直接プレパラート室(1)にフランジ結合されている。さらに、第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグステップポート(22)の吸込み側接続部は第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側に接続されており、その結果第1のターボ分子ポンプ(14)は、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)を真空にする機能に加えて、ドラグステップポート(22)を介して第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングする用をも成している。第2のターボ分子ポンプ(13)の吸込み側接続部(23)は、超高真空領域(

10

20

30

40

50

6) に隣接している中間圧力領域 (7) に直接接続されている。

【0026】

上述したように、或いは以下で説明するように、1つの真空ポンプを1つの圧力領域に直接接続する限りにおいては、このポンプにより行なわれる圧力領域の真空化は直接に行われる。すなわち、このポンプから吐き出されたガス分子を、圧力領域と当該ポンプの吸込み側接続部との間において圧力段絞りを通過させる必要がない。

【0027】

以上説明した真空システムは、全部で4つの圧力領域を備えた差動ポンプ型真空システムである。

【0028】

直列に接続されているカスケード状のポンプ装置により、ただ1つのゲッターアイオンポンプ(12)と、2つのターボ分子ポンプ(13), (14)と、ただ1つのフォアポンプ(16)とを用いて、プレバラート室(1)の圧力が $5 \times 10^{-8}$  hPa以下の超高真空に維持させることができ。プレバラート室(1)内の圧力が所望の $10^{-2}$  hPaないし5 hPaである場合、フォアポンプ(16)とプレバラート室(1)との間に開いた弁(17)は閉じており、第1のターボ分子ポンプ(14)とプレバラート室(1)との間に開いた弁(19)は閉じている。この場合プレバラート室(1)内の真空は、フォアポンプ(16)を用いて達成可能な真空またはフォアポンプ(16)で設定された真空だけで決定されている。第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)を前もって真空にすることにより第2のターボ分子ポンプの吐出し側(26)を予めポンピングすることによって、且つ第1のターボ分子ポンプ(14)のポンプパワーのほぼ全部をプレバラート室に隣接している中間圧力領域(8)をポンピングするためにのみ用いることによって、超高真空領域に隣接している中間圧力領域(7)を $10^{-4}$  hPaないし $10^{-6}$  hPaの真空に維持することが保証される。

10

【0029】

プレバラート室(1)内の圧力がフォアポンプ(16)で達成できない $10^{-2}$  hPa以下の圧力の場合、フォアポンプ(16)とプレバラート室(1)との間に開いた弁(17)は閉じられ、プレバラート室(1)と第1のターボ分子ポンプ(14)との間に開いた弁(19)は開かれる。この場合、フォアポンプ(16)は第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングすることにのみ用いられる。このときプレバラート室(1)も該プレバラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)もターボ分子ポンプ(14)によって直接ポンピングされる。この場合、対物レンズ(4)内に配置されている圧力段絞り(11)は作用しない。この場合にも、第1のターボ分子ポンプ(14)により予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ(13)により、超高真空領域(6)に隣接している中間圧力領域(7)では $10^{-4}$  hPaないし $10^{-6}$  hPaの真空が維持される。

20

【0030】

両ケースとも、第1のターボ分子ポンプのドラグ段(24)は補助真空状態にあり、この補助真空状態により第2のターボ分子ポンプ(13)は $10^{-1}$  hPaないし $10^{-4}$  hPaの範囲で予めポンピングされる。

30

【0031】

上述した実施形態において、プレバラート室(1)が開口しても超高真空領域(6)の超高真空が維持されるように、電子光学的コラムの内部には、有利には超高真空領域と該超高真空領域に隣接している圧力領域(7)との間に遮断弁(18)が設けられている。遮断弁(18)はプレバラート室(1)が開口する前に閉じられる。これにより、フォアポンプ(16)と両ターボ分子ポンプ(13), (14)とはプレバラート室(1)が開口したときに停止させることができる。

【0032】

図2に示した実施形態は概ね図1の実施形態に対応している。したがって図2において

40

50

は、図1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付した。両実施形態が一致している限りにおいては、図2に関しては図1の上記説明を参照してもらいたい。

### 【0033】

図2の実施形態と図1の実施形態との主要な違いは、図2の実施形態においてはフォアポンプ(16)が第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためにのみ用いられることがある。ターボ分子ポンプ(14)の補助真空側のドラグ段(24)は第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングするために用いられる。プレバラート室(1)を真空にするため第2のフォアポンプ(20)が設けられ、そのポンプパワーは第1の弁(17')を介して調節可能である。第2のフォアポンプ(20)を備えたこの規一的なポンプ装置により、超高真空領域(6)内の超高真空を維持した状態で粒子放射装置をプレバラート室の圧力が $10^{-2}$  hPa以下の場合は、プレバラート室(1)も該プレバラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)も第1のターボ分子ポンプだけを介してポンピングされる。この場合、第2のフォアポンプ(20)とプレバラート室(1)との間にある第1の弁(17')は閉じており、第1のターボ分子ポンプ(14)とプレバラート室(1)との間にある第2の弁(19)は開いている。これに対して圧力が $10^{-2}$  hPaないし $100$  hPaの場合には第1の弁(17')は閉じており、その結果プレバラート室(1)は第2のフォアポンプ(20)によって真空にされ、第2の弁(19)は閉じられる。この実施形態の場合、プレバラート室(1)と該プレバラート室に隣接している中間圧力室(8)との間でより高い室圧によってより強いガス流を生じさせるため、第1のフォアポンプ(16)は第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためのみ用いられ、これにより第1のターボ分子ポンプ(14)の搬送パワーは対応的に高くなる。この場合も、 $10^{-1}$  hPaないし $10^{-4}$  hPaの範囲の補助真空状態にある第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)によって予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ(13)は、超高真空領域(6)に境を接している中間圧力領域(7)が $10^{-5}$  hPaないし $10^{-6}$  hPaの範囲の真空に維持されるのを保証する。

### 【0034】

図2に図示した実施形態の場合、超高真空領域(6)とプレバラート室との間には、 $10$ 程度の圧力差、すなわち $10^{10}$  hPaの圧力差が2つの中間圧力領域だけを介して維持される。

### 【0035】

基本的には、引用した従来の技術の場合と同様に、超高真空領域に境を接している中間圧力領域(7)をも第2のゲッターイオンポンプを用いて真空にしてもよい。この場合には、プレバラート室(1)に境を接している中間圧力領域は、1つのターボ分子ポンプのドラグ段によって予めポンピングされるターボ分子ポンプにより真空にされる。しかしながら、この場合第2のゲッターイオンポンプは非常に高いポンプパワーを持つよう設計されていなければならず、これによりゲッターイオンポンプのサイズが大きくなるので、電子光学的コラムの高さも大きくなってしまう。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

プレバラート室の圧力が比較的低い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。

##### 【図2】

プレバラート室の圧力が比較的高い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。

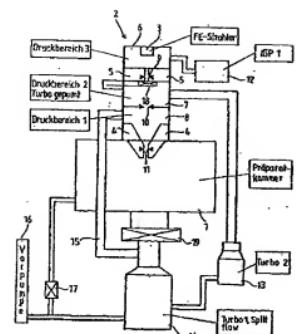
10

20

30

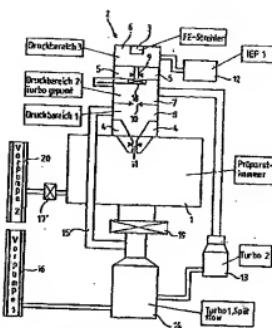
40

【図1】



Druckbehälter 2: Druckbehälter 2; Druckbehälter 3: Druckbehälter 3  
 Pump 1: Pumpe 1; Pumpe 2: Pumpe 2; Pumpe 3: Pumpe 3  
 Turbine 1: Turbine 1; Turbine 2: Turbine 2  
 Valve 1: V 1; Valve 2: V 2; Valve 3: V 3; Valve 4: V 4; Valve 5: V 5; Valve 6: V 6; Valve 7: V 7; Valve 8: V 8; Valve 9: V 9; Valve 10: V 10; Valve 11: V 11; Valve 12: V 12; Valve 13: V 13; Valve 14: V 14; Valve 15: V 15; Valve 16: V 16; Valve 17: V 17  
 Turbo 1 Split flow: Turbo 1 Split flow; Turbo 2: Turbo 2; Turbo 3: Turbo 3  
 Preparation cabinet: Vorbereitungsraum; Pump 1: Pumpe 1; Pump 2: Pumpe 2; Pump 3: Pumpe 3

【図2】



Druckbehälter 2: Druckbehälter 2; Druckbehälter 3: Druckbehälter 3  
 Pump 1: Pumpe 1; Pumpe 2: Pumpe 2; Pumpe 3: Pumpe 3  
 Turbine 1: Turbine 1; Turbine 2: Turbine 2  
 Valve 1: V 1; Valve 2: V 2; Valve 3: V 3; Valve 4: V 4; Valve 5: V 5; Valve 6: V 6; Valve 7: V 7; Valve 8: V 8; Valve 9: V 9; Valve 10: V 10; Valve 11: V 11; Valve 12: V 12; Valve 13: V 13; Valve 14: V 14; Valve 15: V 15; Valve 16: V 16; Valve 17: V 17  
 Turbo 1 Split flow: Turbo 1 Split flow; Turbo 2: Turbo 2; Turbo 3: Turbo 3  
 Preparation cabinet: Vorbereitungsraum; Pump 1: Pumpe 1; Pump 2: Pumpe 2; Pump 3: Pumpe 3



WO 02/05310 A1

(84) Bestimmte geografische geographisch; europäisches Potenzial (AT, BE, CH, CY, DE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PL, SI, TR).

**Veröffentlichung:**

WO 0263318

PCT/EP2003/007397

**Beschreibung:**

Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultraevakuum zu betreibenden Teilchenquelle und kaskadenförmige Pumpenordnung für ein solches Teilchenstrahlgerät.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultraevakuum zu betreibenden Teilchenquelle sowie einer kaskadenförmige Pumpenordnung für ein entsprechendes Teilchenstrahlgerät.

In der US 5 628 064 ist ein sogenanntes Environmental Scanning Elektronenmikroskop (ESEM) mit einer Feldemissionsquelle beschrieben. Dergleiche ESEM's erlauben die elektromagnetische Untersuchung von Proben unter normalem Atmosphärendruck oder gegenüber dem normalen Atmosphärendruck nur geringfügig reduziertem Druck. Da andererseits Feldemissionsquellen und auch die häufig als Feldemissionsquellen bezeichnetes sogenannten Schottery-Anlager für ihren Betrieb ein Ultraevakuum benötigen, ist das gesamte Elektronenmikroskop als differential gepumptes System mit drei Zwischendruckstufen aufgebaut. Das Gasvakuums weist demaufge folgende fünf Druckstufen auf, die durch vier Druckstufen, oder Druckstufenelemente voneinander getrennt sind. Neben dem Aufwand für die Pumpe resultiert aus dem für die Vakuumabschaltung der drei Zwischendruckbereiche benötigten Raum ein zusätzlicher Bedarf an Raumheizung, wie dieser alljährlich für die elektronenoptischen Komponenten nicht erforderlich wäre.

Aus der US 4 720 633-A ist ein weiteres RSEM bekannt, bei dem jedoch das Vakuum in der Kammer der Elektronenquelle zu schlecht ist, um das Gerät mit einer Feldemissionsquelle zu betreiben.

Aus der US 5 717 204-A ist ein Elektronenmikroskop für die Inspektion in der Halbleiterfertigung bekannt, bei dem der Ultraevakuumbereich und der dann

1

BESTÄTIGUNGSKOPIE

WO 02/083020

PCT/EP01/07597

Ultrahochvakuumbereich beschaffte Zwischendruckbereich durch Ionengattpumpe erweitert ist, die Probenkammer und der zur Probenkammer beschaffte Druckbereich sind jeweils durch eine separate Turbomolekülpumpe gepumpt, wobei die beiden Turbomolekülpumpen an die Ansaugseite einer gemeinsamen Vorpumpe angeschlossen sind. Derartige Impftechnologien sind früher Wäre nicht zum Betrieb mit einem geschlossenen Vakuum in der Probenkammer konzipiert.

Aus der DE 43 31 589-A1 ist eine kaskadenförmige Pumpenanordnung mit hier einander geschaltete Turbomolekülpumpen bekannt, bei der jeweils der Anschluss einer Turbomolekülpumpe durch das Main Port einer vorgeschalteten Turbomolekülpumpe vorgesetzt ist, wobei die Ansaugseite der vorgeschalteten Turbomolekülpumpe über ein T-Stück gleichzeitig an einen Zwischendruckbereich angeschlossen ist. Durch diese kaskadenförmige Pumpenanordnung wird das Vakuum in dem von der vorgeschalteten Turbomolekülpumpe geprägten Zwischendruckbereich durch den Gasstrom der nächsten höheren Vakuumstufe belastet.

Aus der US 4 889 995-A ist ein Rasterlektronenmikroskop bekannt, bei dem eine von einer Rotationspumpe vorgesetzte Turbomolekülpumpe parallel über Ventile sowohl zum Einklemmen der Präparatkammer als auch der Kammer der Elektronenquelle auf der Zwischendruckbereiche dient. Zusätzlich sind zur Verstärkung der Kammer der Elektronenquelle und der beiden beschalteten Zwischendruckbereiche Umlaufvakuumpumpen vorgesehen. Mit einer solchen Pumpenanordnung ist ebenfalls ein Betrieb mit schlechtestem Vakuum in der Probenkammer nicht möglich.

Aus einem Aufsatz in Japan. J. Appl. Phys. Suppl 2, 3 249 II, (1974) ist ein Elektronenmikroskop mit einer Pumpenanordnung aus Öl-Diffusionspumpen bekannt. Ölfüllungspumpen sind jedoch wegen ihrer geringen Pumpkapazität bei hohen Drücken ungeeignet für Elektronenmikroskope, bei denen die Präparatkammern mit variierenden Drücken betreibbar sein soll.

WO 02A0390

EUTERPE/M/1997

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Kapsulenträgergerät, insbesondere ein Rastervolttronikenträger, auszuführen, das trotz variablen Druck in der Probenkanzelle bis hin zu nahezu Umgebungsdruck und Überdrücken im Bereich der Teilchenquelle einen vereinfachten Aufbau aufweist. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, die Vakuumkreisysteme anzugeben, mit dem ein entsprechend vereinfachter Aufbau eines Kapsulenträgergerätes ermöglicht wird.

Diese Ziele werden erledigungspraktisch durch eine Pumpenanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Teilchenträgergerät mit den Merkmalen des Anspruchs 4 erreicht.

Eine erledigungspraktische kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenträgergerät weist zwei Turbomolekülpumpen auf, von denen die zweite Turbomolekülpumpe zum Vorpumpen des Ausganges der ersten Turbomolekülpumpe dient, wobei der Auslass der zweiten Turbomolekülpumpe an einen zwischen dem Haupt-Pumpenort und dem Ausfall liegenden Zwischendruckbereich der ersten Turbomolekülpumpe angeschlossen ist.

Die erste Turbomolekülpumpe kann dabei eine sogenannte Spill-Flow Pumpe sein, die einen zusätzlichen Pumpenort aufweist, der im Bereich der Drag-Stufe der Turbomolekülpumpe liegt. Dieser Drag-Stufenpumpenort wird dann vorgezweigt zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekülpumpe verwendet.

Als Drag-Stufe wird dabei üblicher Weise eine in Turbomolekülpumpen häufig eingesetzte Anordnung aus um einen Stator rotierenden Scheiben mit einer Erhöhung und einem Loch im Randbereich bezeichnet, die angesaugtig das letzten Rotorkolbenteil der Turbomolekülpumpe angesaugt ist und zur zusätzlichen Kompression des gepumpten Gases dient.

WO 0403310

PCT/IB03/07597

Das Vorpumpen einer Turbomolekulpumpe durch das Vorvakuum eines Zwischendruckbereichs, z.B. des Drag-Schüle Pumpenports, einer vaxampenden Turbomolekulpumpe liefert den Vorteil, daß der Bereich des Haupt-Pumpenports nicht durch den Gasauflauf der vorpumpenden Turbomolekulpumpe belastet wird. Dadurch läßt sich trotz der Doppelaktion des vorpumpenden Turbomolekulpumpen ein besseres Vakuum in dem vom Haupt-Pumpenport erwarteten Bereich erreichen.

Das Teilchenzählgerät mit einer entsprechenden inkrementellen Pumpenordnung weist eine im Ultraevakuum zu betreibende Teilchenquelle und eine Präparatkammer auf, die mit Drücken von Hochvakuumbereich mit Drücken unter  $10^{-4}$  hPa bis mindestens 1 hPa (Hydrogen) bewölkt ist. Zwischen dem Ultraevakumbereich der Teilchenquelle und der Präparatkammer sind beim erfahrungsgemäßen Teilchenzählgeräte genau zwei weitere Druckbereiche vorgesehen.

Das Teilchenzählgerät weist demgemäß genau vier Druckbereiche auf, nämlich das Ultraevakumbereich, in dem die Teilchenquelle angesiedelt ist, zwei Zwischendruckbereiche und die Präparatkammer. Insgesamt ergibt sich damit beim erfahrungsgemäßen Teilchenzählgerät drei Druckstufen, für die drei Druckstufenabstande insgesamt erforderlich sind.

Um mit nur drei Druckstufen auszukommen, ist der dem Ultraevakumbereich beschaltete Druckbereich über eine Turbomolekulpumpe gepumpt. Weiters ist der Anteil dieser Turbomolekulpumpe durch eine vorgeschaltete Turbomolekulpumpe vorgepumpt, wobei der Anteil der Turbomolekulpumpe an der Drag-Schüle der vorgehaltenen Turbomolekulpumpe angehoben ist. Durch diese Pumpenanschaltung wird der Druck in dem dem Ultraevakumbereich beschalteten Druckbereich auf Werte größer  $10^{-4}$  hPa gehalten.

Bei einem weiterhin vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist der Haupt-Pumpenport der ersten Turbomolekulpumpe an den der Präparatkammer beschalteten Druckbereich

WO 02A03318

PCT/DE01/01597

angeschlossen ist. Die erste Turbomolekülspülung kann dadurch eine Doppelaktion erfüllen, nämlich gleichzeitig den Auslauf der zweiten Turbomolekülspülung vorgummen und außerdem den Präparatkammer beschrankten Druckbereich evaluieren.

Weitgehend vorzugsweise ist eine Vorpumpe vorgesehen, durch die der Auslauf der ersten Turbomolekülspülung vorgumpt ist. Diese Vorpumpe kann zentralisch dazu dienen, die Präparatkammer auf den gewünschten Druck zu evaluieren. Sowohl das Teilchenstrahlgerüst auch bei Drücken oberhalb 5 hPa in der Präparatkammer betrachtbar sein soll, konflikt sich jedoch die zweite Vorpumpe zur Evaluierung der Präparatkammer vorzusehen, so daß die erste Vorpumpe ausschließlich den Auslauf der ersten Turbomolekülspülung vorgumpt.

Nachfolgend werden Einzelheiten der Erfindung entweder in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

Figur 1: Eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung für geringere Kammerdrücke und

Figur 2: eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung für höhere Kammerdrücke.

In der Figur 1 ist mit (1) die Präparatkammer und mit (2) die elektromagnetische Stufe des Teilchenstrahlgerüstes bezeichnet. Die elektromagnetische Stufe (2) weist drei Druckbereiche (6), (7), (8) auf, die jeweils durch Druckaufnahmefeldern (9), (10), (11) voneinander getrennt sind. Der – geometrisch gesehen – obere Druckbereich (6) der elektromagnetischen Stufe (2) ist für die Aufrechterhaltung eines Ultrahochvakuum mit einem Druck kleiner  $5 \times 10^{-4}$  mbar ausgelegt. Dieser Ultrahochvakumbereich wird über die Ionenzentrumpumpe (12) evaluiert. In diesem Ultrahochvakumbereich ist die Teilchenquelle (3) in Form einer Feldionenionenquelle bzw. einer Schottky-Emitter erzeugt.

WO 0203039

PCT/EP2004/00797

Zwischen dem Ultravakuumbereich (6) und dem zu diesem beschalteten Zwischendruckbereich (7) ist der Kondensator (5) des Teilkondensatgebläses angeordnet, von dem in der Figur 1 nur die Polshüte abgedeckt sind. Eben in Höhe des oder – in Anstreifungsrichtung der Elektronen – hinter dem Polshalspalt der Kondensator (5) ist die Druckaufschlünde (9) angeordnet, die für die Aufschaltung eines gezielten Druckunterschiedes zwischen dem Ultravakuumbereich (6) und dem zu diesem beschalteten Zwischendruckbereich (7) gewährleistet.

Auf dem ersten Zwischendruckbereich (7) folgt ein zweiter Zwischendruckbereich (8), der von dem ersten Zwischendruckbereich (7) durch eins zweite Druckaufschlünde (10) getrennt ist. Zwischen diesem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer (1) ist die Objektlinse (4) des Teilchenthalhaltertes angeordnet, von der in der Figur 1 ebenfalls nur die Polshüte abgedeckt sind. Zwischen oder – in Anstreifungsrichtung der Elektronen – vor den Polshüten der Objektlinse (4) ist die dritte Druckaufschlünde (11) angeordnet, die einen gezielten Druckunterschied zwischen dem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer (1) herstellt.

Für die Einhaltung gezielter Vakuumbedingungen ist beim Ausführungsbeispiel der Figur 1 neben der Hauptpumpe (12) für den Ultravakuumbereich (6) eine kaskadenförmige Pumpanordnung aus einer Vorpumpe (13) und zwei teilweise ebenfalls seriell geschalteten Turbomolekülpumpen (13), (14) vorgesehen. Die Vorpumpe (13) erfüllt dabei eine Doppelfunktion. Die Vorpumpe (13) dient einerseits zum Evakuieren der Präparatkammer (1) direkt über eine separate Rohrverbindung und gleichzeitig zum Abpumpen des Ausgangs (25) der ersten Turbomolekülpumpe (14). Die Evakuierung der Präparatkammer (1) ist dabei über ein Ventil (17) in der Rohrverbindung regelbar. Der Druck in der Präparatkammer ist über ein nicht dargestelltes, regelbares Gasinhaltsventil einstellbar.

Die erste Turbomolekülpumpe (14) ist als lüftungstechnisch so genannte Split-Flow-Pumpe ausgelegt und erfüllt eine Dreifachfunktion. Der Austrittsfluss des Harpè-Pumpenports

WO 0205330

PCT/DE03/07097

(21) ist über eine Rohrleitung (15) direkt an den zur Präparatzimmer (1) beschichteten Zwischendruckbereich (8) angeflanscht und sorgt dadurch für eine direkte Evakuierung dieses Zwischendruckbereiches. Gleichzeitig ist der Ansaugstritten des Haupt-Pumpenports (21) über ein zweites Ventil (19) unmittelbar an die Präparatzimmer (1) angeflanscht. Der Ansaugstritten des Drag-Stufen-Ports (22) der ersten Turbomolekelpumpe (14) ist weitaus an den Anschluß der zweiten Turbomolekelpumpe (13) angeschlossen, so daß die erste Turbomolekelpumpe (14) zusätzlich zur Evakuierung des der Präparatzimmer (1) beschichteten Zwischendruckbereiches (8) zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekelpumpe (13) über den Drag-Stufen Port (22) dient. Der Ansaugstritten (23) der zweiten Turbomolekelpumpe (13) ist an den zum Ultrahochvakuumbereich (6) beschichteten Zwischendruckbereich (7) direkt angeschlossen.

Sowohl vorstehend oder nachfolgend von einem direkten Anschluß einer Vakumpumpe an einen Druckbereich gesprochen ist, ist damit gemeint, daß die durch diese Pumpe erfolgende Evakuierung des betreffenden Druckbereiches direkt erfolgt, also ohne daß die von dieser Pumpe abgesperrte Grenzschicht zwischen dem betreffenden Druckbereich und dem Ansaugstritten der Pumpe eine Druckstufendecke passieren müssen.

Das vorstehend beschriebene Vakuumsystem ist ein differential geprägtes Vakuumsystem mit insgesamt vier Druckbereichen.

Mit der beschriebenen kaskadenförmigen, seriell geschalteten Pumpenordnung läßt sich mit Hilfe einer einzigen Innengetriebepumpe (12), den zwei Turbomolekelpumpen (13), (14) und einer einzigen Vorpumpe (16) ein Ultrahochvakuum mit Drücken kleiner  $5 \times 10^{-4}$  hPa in der Ultrahochvakuumzimmerei (6) bei Drücken zwischen 5 hPa und  $10^7$  hPa in der Präparatzimmer (1) aufrechterhalten. Bei gewünschten Drücken in der Präparatzimmer (1) zwischen  $10^7$  hPa und 5 hPa ist lediglich das Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatzimmer (1) geöffnet und das zweite Ventil (19) zwischen der zweiten Turbomolekelpumpe (14) und der Präparatzimmer (1) geschlossen. Das Vakuum in der

WU 0205319

ECKERBLAUM

Präparatkammer (1) ist dann ausschließlich durch das mit der Vorpumpe (16) erreichbare bzw. zu dieser eingesetzte Vakuum bestimmt. Durch das Vorpumpen des Antriebes (25) der zweiten Turbomolekularpumpe durch das Vorvakuum der Drog-Stoff (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) und dadurch, daß die nahezu komplett Pumpteilung der ersten Turbomolekularpumpe (14) ausschließlich zum Pumpen der Präparatkammer beschafften Zwischendruckbereiches (8) dient, wird sicher gestellt, daß in dem Umlaufdruckumfang beschafften Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^4$  und  $10^5$  hPa aufrechterhalten wird.

Bei Drücken unter  $10^5$  hPa in der Präparatkammer (1), die mit der Vorpumpe (16) nicht erreichbar sind, wird das erste Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der Präparatkammer (1) und der ersten Turbomolekularpumpe (14) geöffnet. Die Vorpumpe (16) dient dann ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14). Sobald die Präparatkammer (1) sie noch der Präparatkammer (1) beschaffte Zwischendruckbereiche (8) werden dann durch die erste Turbomolekularpumpe (14) direkt gepumpt. Da in der Objektlinse (4) angeordnete Druckmischstelle (11) ist in diesem Fall eine Wirkung. Durch die mit der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) wird auch in diesem Fall in dem den Umlaufdruckumfang (6) beschafften Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^4$  und  $10^5$  hPa aufrechterhalten.

In beiden Fällen liegt das Vorvakuum der Drog-Stoff (24) der ersten Turbomolekularpumpe, durch die die zweite Turbomolekularpumpe (13) vorgepumpt wird, in einem Bereich zwischen  $10^4$  hPa und  $10^5$  hPa.

Damit bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel auch beim Öffnen der Präparatkammer (1) des Umlaufdruckumfang im Umlaufvakuumbereich (6) aufrechterhalten wird, ist innerhalb der zirkulationsdichten Säule, verzeugt eine zwischen dem

WO 200405310

PCT/DE2003/007597

Ultrahochvakuumkamm vor dem dem Ultrahochvakuumkreislauf beschalteten Druckventil (7) ein Absperrventil (18) vorgesehen, das vor dem Öffnen der Präparatkammer (1) geschlossen wird. Die Vorpumpe (16) und die beiden Turbomolekülpumpen (13), (14) können dadurch beim Öffnen der Präparatkammer (1) außer Betrieb gesetzt werden.

Das in der Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel in Figur 1. Demzufolge sind in der Figur 2 diejenigen Komponenten, die dem des Ausführungsbeispiels nach Figur 1 entsprechen, mit identischen Bezeichnungen versehen. Soweit die Ausführungsbeispiele übereinstimmen, wird bzgl. Figur 2 auf die vorstehende Beschreibung der Figur 1 verwiesen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 und dem nach Figur 1 besteht darin, daß die Vorpumpe (16) beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekülpumpe (14) dient, deren voreinschliefende Dragschleife (26) weiterhin zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekülpumpe (13) dient. Zum Betrieb einer der Präparatkammer (1) ist eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen, deren Pumpleitung wiederum über ein erstes Ventil (17') regelt ist. Mit dieser alternativen Pumpenanordnung mit einer zweiten Vorpumpe (20) ist das Teilentnahmeverfahren unter Aufrechterhaltung des Ultrahochvakuum in Ultrahochvakuumbereich (6) auch bei Drücken in der Präparatkammer bis 100 hPa abschaltbar. Bei Kammerdrücken unter  $10^4$  hPa in der Präparatkammer (1) wird sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischenraumdruck weich (8) ausschließlich über die erste Turbomolekülpumpe gepumpt. In diesem Fall ist das erste Ventil (17') zwischen der zweiten Vorpumpe (20) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekülpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geöffnet. Bei Drücken zwischen 10' und 100 hPa ist dagegen das erste Ventil (17') geöffnet, so daß die Präparatkammer (1) durch die zweite Vorpumpe (20) evakuiert wird, und das zweite Ventil (19) geschlossen. Der aufgrund der höheren Kammerdrücke stärkere Gasstrom zwischen (19) geschlossene.

WV0 9103310

ECC/EPUB/07987

der Prägekammer und der der Prägekammer (1) benachbarten Zwischendruckkammer (8) wird bei diesem Ausführungsbeispiel dadurch abgefangen, daß die erste Vorpumpe (16) ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekülpumpe (14) dient, die dadurch eine entsprechend erhöhte Förderleistung erhält. Auch in diesem Fall gewährleistet die durch die Druckstufe (24) der ersten Turbomolekülpumpe (14) mit einem Vakuum im Bereich zwischen  $10^{-4}$  hPa und  $10^{-5}$  hPa vorgepumpte zweite Turbomolekülpumpe (13) die Aufrechterhaltung eines Vakuums zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-5}$  hPa in dem an den Ultrahochvakuumbereich (6) angrenzenden Zwischendruckbereich (7).

Bei dem in der Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und der Prägekammer eine Druckdifferenz von bis zu 10 Größenordnungen, also von  $10^9$  hPa über nur zwei Zwischendruckbereiche aufrecht erhalten.

Grundsätzlich denkbar wäre es auch, wie beim zitierten Stand der Technik, nach den an den Ultrahochvakuumbereich angrenzenden Zwischendruckbereich (7) mittels einer zweiten Ionengitterpumpe zu evakuieren. In diesem Fall wäre dann der an die Prägekammer (1) angrenzende Zwischendruckbereich mittels einer durch die Druck-Stufe einer Turbomotoren-Pumpe vorgepumpten Turbomolekülpumpen zu evakuieren. Die zweite Ionengitterpumpe müßte dann jedoch mit sehr hoher Pumpfleistung ausgestattet sein, wodurch wiederum wegen der geringen Abmessungen der Ionengitterpumpe eine größere Bedeutung der elektronenoptischen Stufen realisieren würde.

WO 0205310

ECD/EPUB/ES/01

**Patentansprüche:**

1. Kaskadenartige Pumpeneinrichtung für ein Teilchenstrahlgerät mit einer ersten und einer zweiten Turboskalpellumpumpen (13, 14), wobei der Ausfall (26) der zweiten Turboskalpellumpumpen (13) durch einen zwischen dem Haupt-Pumpenport (21) und dem Ausfall (25) der ersten Turboskalpellumpumpen (14) liegenden Zwischendruckbereich (24) vorgepumpt ist.
2. Kaskadenartige Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste Turboskalpellumpumpen (14) eine Split-Flow-Pumpe mit einem Anschlussstutzen (22) zu der Druck-Stufe (24) ist und der Ausfall (26) der zweiten Turboskalpellumpumpen (13) an die Druck-Stufe (24) der ersten Turboskalpellumpumpen (14) angeschlossen ist.
3. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine weitere Vorpumpe (16) zum Vorpumpen des Analysator (25) der ersten Turboskalpellumpumpen (14) vorgesehen ist.
4. Teilchenstrahlgerät, das circa im Unterdruckvakuum zu betreibende Teilchenquelle (3) und eine Präparatkammer (1) aufweist, die mit Drücken von Hochvakuum mindestens bis zu 1 hPa betrieben wird, und wobei eine kaskadenartige Pumpeneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 3 vorgesehen ist.
5. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 4, wobei zwischen dem Ultraevakuumbereich (6) der Teilchenquelle und der Probelkammer (1) genau zwei weitere Zwischendruckbereiche (7), (8) vorgesehen sind.
6. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 5, wobei der dem Ultraevakuumbereich (6) benachbarte Druckbereich mittels der zweiten Turboskalpellumpumpen (13) gepumpt ist.

WO 0105390

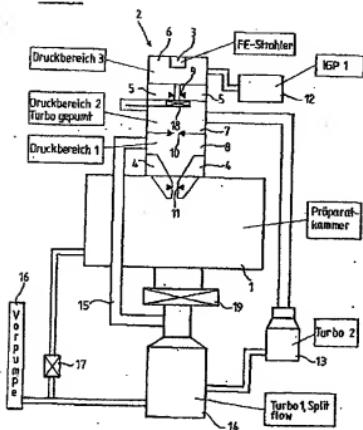
CET/EPUB/DE/01

7. Teilbeschreibung nach einem der Ansprüche 4 - 6, wobei die erste Turbomembranpumpe (14) über den Haupt-Pumpenport (23) gleichzeitig direkt zu dem der Präparatkammer (1) beschriebenen Druckbereich (8) angeschlossen ist.
8. Teilbeschreibung nach Anspruch 7, wobei die Vorpumpe (16) über ein Ventil (17) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
9. Teilbeschreibung nach einer der Ansprüche 4 bis 8, wobei die erste Turbomembranpumpe (14) zusätzlich über ein weiteres Ventil (19) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
10. Teilbeschreibung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen und an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
11. Teilbeschreibung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei eine Ionengitterpumpe (12) zum Evaluieren des Ultra-Hochvakuumbereiches (6) vorgesehen ist.

WO 2004/0318

PCT/EP0300597

1/2

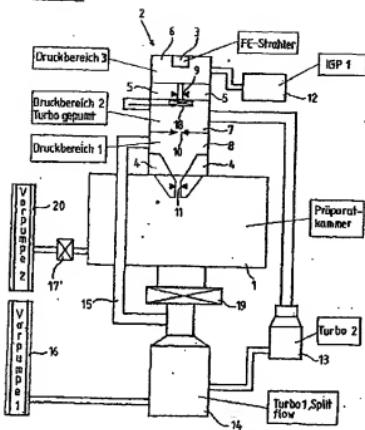
FIG.1

ERSATZBLATT (REGEL 26)

W02005010

PC1202041010299

2 / 2

FIG.2

ERSATZBLATT (REGEL 20)

【國際調查報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

SEARCHED DOCUMENTS DETERMINED TO BE IRRELEVANT		Search Applications No. PCT/EP 03/07597
Category Other or current industrial applications, publication, or the relevant patent		Patent classification
P,A	US 00 46508 A (VARIAN INC) 10 August 2000 (2000-08-10) abstract; Figure 1	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 16 March 1995 (1995-03-18) abstract	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

Applicable  
PCT/EP 01/02597

Patent document (not in search input)	Publication date	Patent family members(s)	Publication date
US 6462654 A	27-10-1998	EP 0747145 A1 WO 9747255 A1	26-02-1997 27-02-1997
US 5733104 A	31-03-1995	DE 4231159 A1 EP 0623024 A1 JP 6230285 A	30-06-1994 29-06-1994 04-10-1994
US 4551171 A	17-03-1987	CA 1253194 A DE 3465378 A1 EP 0199527 A2	25-04-1986 05-04-1989 29-10-1986
US 6030189 A	29-02-2000	BE 29516599 B1 DE 9715760 A1 EP 0856108 A1 JP 11513775 T	07-12-1995 01-05-1997 05-08-1995 24-11-1995
WO 0646508 A	10-08-2001	US 6193463 B1 EP 1004558 A1 WO 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 14-08-2000
EP 0543227 A	15-03-1995	EP 0543227 A1 JP 7150000 A US 5611560 A	15-03-1995 15-03-1995 16-03-1997

Form PCT/EP01/02597 (second edition) (page 100)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Rechtsanwalt/Rechtsberater PCI/EP 01/0797
Referenznummer	Recherchezeitraum	Rechtsanwalt/Rechtsberater
P,A	WO DD 46508 A (YANZAN INC) 10. August 2000 (2000-08-10) Zusammenfassung; Abbildung 3	1
A	EP 0 643 227 A (BOE BEIJING PLC) 20. März 1995 (1995-03-15) Zusammenfassung	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**  
Angaben zu Veröffentlichung I. der vorliegenden Patentanmeldung

Referenznummer:

PCT/EP 01/07597

Im Rechercheur-Katalog aufgeführtes Patentwerk	Datum der Veröffentlichung	Umliegende Patentfamilien	Datum der Veröffentlichung
US 5428064	A 27-10-1998	EP 0786146 A1 WO 9707525 A1	30-07-1997 27-02-1997
US 5733104	A 31-03-1998	DE 41331599 A1 EP 0603104 A1 JP 6280788 A	20-05-1994 29-05-1994 04-10-1994
US 4651171	A 17-02-1987	CA 1253196 A1 DE 3668378 D1 EP 0199575 A2	25-04-1989 05-10-1989 29-10-1989
US 6030189	A 29-02-2000	BE 29516599 UI EP 0715766 A1 EP 0715767 A1 JP 11513775 T	07-12-1995 01-06-1997 02-06-1997 24-11-1999
WO 0046508	A 10-08-2000	US 6193481 B1 EP 0864556 A1 WO 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 10-08-2000
EP 0643227	A 15-03-1995	EP 0643227 A1 JP 7151092 A US 5511666 A	15-03-1995 13-06-1995 18-03-1997